

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Juli 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/058811 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:

**H03H 3/02**

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP02/14190

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **AIGNER, Robert**  
[AT/DE]; Carl-Duisberg Str. 24, 82008 Unterhaching  
(DE). **ELBRECHT, Lueder** [DE/DE]; Talerweg 7B,  
81825 München (DE). **MARKSTEINER, Stephan**  
[AT/DE]; Cramer-Klett-Str. 33, 85579 Neubiberg (DE).  
**NESSLER, Winfried** [AT/DE]; Ulrich-Von-Hutten-Str.  
24, 81739 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. Dezember 2002 (12.12.2002)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(74) Anwälte: **SCHOPPE, Fritz usw.; SCHOPPE, ZIMMERMANN, STÖCKELER & ZINKLER, POSTFACH 71 08 67, 81458 München (DE).**

(30) Angaben zur Priorität:

102 00 741.1 11. Januar 2002 (11.01.2002) DE

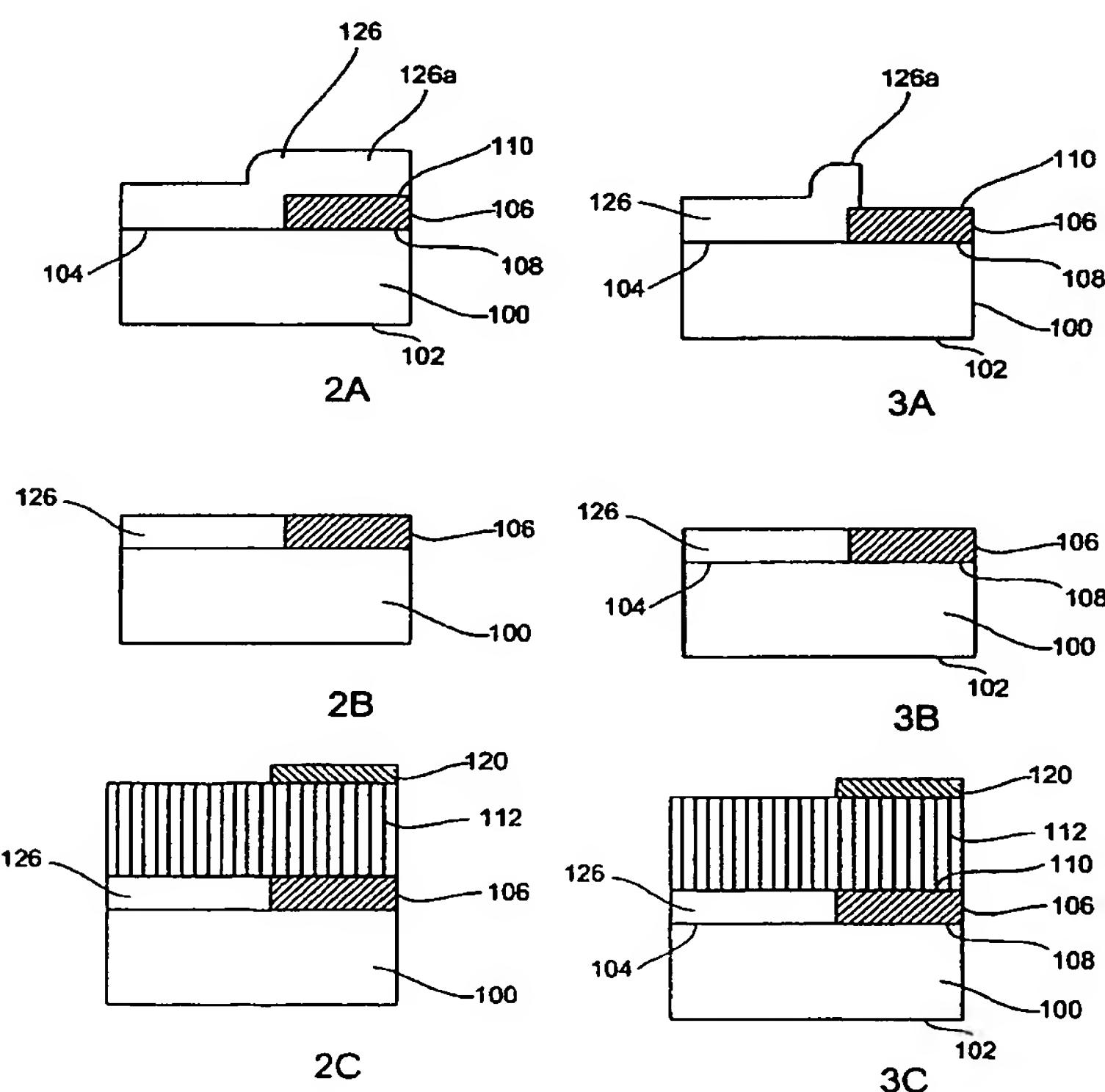
(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A TOPOLOGY-OPTIMIZED ELECTRODE FOR A THIN FILM RESONATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER TOPOLOGIEOPTIMIERTEN ELEKTRODE FÜR EINEN RESONATOR IN DÜNNFILMTECHNOLOGIE



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an electrode (106) for a thin film resonator. Said electrode (106) is embedded in an insulating layer (126) of the resonator in such a manner that a surface (110) of the electrode is exposed and that the surface defined by the electrode (106) and the insulating layer (126) is substantially planar.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (106) für einen Resonator in Dünffilmtechnologie, wird die Elektrode (106) des Resonators in einer isolierenden Schicht (126) derart eingebettet, dass eine Oberfläche (110) der Elektrode (106) freiliegt, und dass eine durch die Elektrode (106) und die isolierende Schicht (126) festgelegte Oberfläche im wesentlichen planar ist.

**WO 03/058811 A1**



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht*

## Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer topologieoptimierten Elektrode für einen Resonator in Dünnfilmtechnologie

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode für einen Resonator in Dünnfilmtechnologie, insbesondere auf ein Verfahren zur Herstellung eines Resonators, der eine piezoelektrische Schicht umfasst, die zumindest teilweise zwischen einer unteren Elektrode und einer oberen Elektrode angeordnet ist, und hier insbesondere auf die Herstellung eines BAW-Resonators (BAW = Bulk Acoustic Wave = akustische Volumenwelle).

10

Bei der Herstellung von Frequenzfiltern in Dünnfilmtechnologie unter Verwendung von Dünnschicht-Volumenresonatoren (FBAR = Film Bulk Acoustic Resonator), welche auch als BAW-Resonatoren bezeichnet werden, wird die Abscheidung der piezoelektrischen Schicht, beispielsweise einer AlN-Schicht, einer ZnO-Schicht oder PZT-Schicht in der Regel über einen reaktiven Sputterprozess bewerkstellt. Der reaktive Sputterprozess wird bevorzugt, da dieser eine relativ niedrige Prozesstemperatur erfordert, sowie gut kontrollierbare und reproduzierbare Abscheidebedingungen bietet. Ferner wird durch den reaktiven Sputterprozess eine Dünnschicht mit guter Qualität erzeugt.

15

Ein Problem bei der Erzeugung der Dünnschichten tritt aufgrund der spezifischen Wachstumsbedingungen von piezoelektrischen Schichten auf, bei denen Kristallite einer bestimmten Vorzugsorientierung schneller wachsen als diejenigen mit anderen Orientierungen. Diese speziellen Wachstumsbedingungen der piezoelektrischen Schichten führen in Kombination mit der schlechten Kantenbedeckung eines Sputterprozesses zur Ausbildung von Wachstumsdefekten an den Topologiestufen.

20

25

30

35

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Diese Wachstumsdefekte werden nachfolgend anhand der Fig. 1 näher erläutert. In Fig. 1A ist eine Anordnung gezeigt, welche ein Substrat 100 umfasst, das eine erste, untere Oberfläche 102 sowie eine zweite, obere Oberfläche 104 aufweist. Auf 5 der oberen Oberfläche 104 ist in einem Abschnitt eine erste, untere Elektrode 106 gebildet, die wiederum eine erste, untere Oberfläche 108 sowie eine zweite, obere Oberfläche 110 umfasst. Auf dem nicht durch die Elektrode 106 bedeckten Abschnitt der oberen Oberfläche 104 des Substrats 100 sowie auf 10 der oberen Oberfläche 110 der Elektrode 106 wurde mittels des oben erwähnten Sputterprozesses eine piezoelektrische Schicht 112, bei dem dargestellten Beispiel eine AlN-Schicht, erzeugt.

15 Wie in Fig. 1A zu erkennen ist, ist aufgrund der Anordnung der Elektrode 106 auf der Oberfläche 104 des Substrats 100 eine Stufe 114 (Topologiestufe) gebildet, an der es aufgrund der schlechten Kantenbedeckung eines Sputterprozesses und aufgrund der spezifischen Wachstumsbedingungen der piezoelektrischen Schicht 112 während des Sputterprozesses zu einem Wachstumsdefekt kommt, der in Fig. 1A allgemein mit dem Bezugszeichen 116 angedeutet ist. In Fig. 1A ist mit dem Bezugszeichen 118 eine Vorzugsrichtung des Aufwachsens der piezoelektrischen Schicht in den verschiedenen Bereichen dargestellt. Im Bereich der Stufe 114 ist eine Versetzung dieser Linien 118 zu erkennen, was zu der Erzeugung des Wachstumsdefekts 116 geführt hat. Die Versetzungslinien und die hieraus resultierenden Defekte sind aus den nachfolgend dargelegten Gründen unerwünscht und führen zu Problemen hinsichtlich der 20 Zuverlässigkeit des zu erzeugenden Bauelements, insbesondere in Zusammenhang mit der nachfolgenden Abscheidung einer oberen Elektrode.

25

30

35 Genauer gesagt wird bei einer anschließenden Abscheidung und Strukturierung einer Metallisierung zur Erzeugung der oberen Elektrode ein metallischer Spacer zurückbleiben, der nachfolgend zu elektrischen Kurzschlüssen führen kann, wodurch die

Funktionalität des Bauelements, z.B. eines Filters, verschlechtert oder ganz zerstört werden kann. In Fig. 1B ist die Struktur dargestellt, welche sich ausgehend von der Fig. 1A ergibt, nachdem eine ganzflächig abgeschiedene Metallisierung, zur Erzeugung einer oberen Elektrode strukturiert wurde. In Fig. 1B ist eine zweite, obere Elektrode 120 gezeigt, die auf einer dem Substrat 100 abgewandten Oberfläche 122 der piezoelektrischen Schicht 112 derart gebildet ist, dass dieselbe der Elektrode 106 zumindest teilweise gegenüberliegt. 5 In dem Bereich, in dem die Elektrode 106 und die obere Elektrode 120 sich überlappen, ist der Dünnschicht-Volumenresonator gebildet. Wie in Fig. 1B ferner zu erkennen ist, ist im Bereich des Wachstumsdefekt 116 ein Metallrest 10. 124 (metallischer Spacer) zurückgeblieben. Dieser metallische 15 Spacer 124 führt zu den gerade erwähnten Problemen im Zusammenhang mit elektrischen Kurzschlüssen und ähnlichem.

Ein weiterer Nachteil der in Fig. 1 beschriebenen Struktur besteht darin, dass normalerweise zur Unterdrückung von unerwünschten Störmoden (Spurious Modes) ein Konzept angewendet wird, bei dem ein Bereich außerhalb der oberen Elektrode 120 über mehrere Mikrometer Breite eine definierte Geometrie, d. h. eine definierte Dicke, hat. Wie in Fig. 1A und 1B zu sehen ist, kann dies nur dann erreicht werden, wenn die obere Elektrode 120 deutlich kleiner ausgestaltet wird als die Elektrode 106, so dass hierdurch eine Vergrößerung der Struktur zur Unterdrückung der unerwünschten Störmoden erforderlich ist, was die Gesamtgröße der Struktur erhöht. Ferner wird hierdurch das Verhalten des sich ergebenden Resonatorbauelements hinsichtlich Bandbreite und parasitärer Kapazitäten deutlich verschlechtert. 20 25 30

Ein weiteres Problem bei dem anhand der Fig. 1 beschriebenen Herstellungsverfahren besteht darin, dass in den Bereichen, 35 in denen die obere Elektrode 120 die Wachstumsdefekte überquert, was immer erforderlich ist, eine Schwachstelle der piezoelektrischen Schicht gegeben ist, und zwar bezüglich ei-

nes dielektrischen Durchbruchs. Aufgrund des Wachstumsdefekts 116 (Fehlstelle) lässt sich daher nicht die erwünschte ESD-Festigkeit (ESD = Electro Static Discharge = elektrostatische Entladung) erreichen, die bei einer vollständig planaren An-  
5 ordnung erwartet würde.

Grundsätzlich wurde das anhand der Fig. 1A beschriebene Ver-fahren und insbesondere die damit zusammenhängenden Probleme im Stand der Technik bisher gar nicht diskutiert. Prinzipiell 10 lässt sich der metallische Spacer 124 durch eine starke Über-äzung bei der Strukturierung der oberen Elektrode 120 ver-ringern. Aufgrund des starken Überhangs der piezoelektrischen Schicht 112 kann er trotz des Ätzens nicht vollständig ent-fernt werden. Dies kann erst durch eine weitere isotrope Ät-  
15 zung der oberen Elektrode, z. B. durch eine Nassätzung, er-reicht werden. Der Nachteil dieser Vorgehensweise besteht je-doch darin, dass bedingt durch eine schlecht kontrollierbare Unterätzung der Lackmaske die resultierende Elektrodenkante bezüglich anderer Schichten schlecht justiert ist, wodurch  
20 sich wiederum eine Verschlechterung des Störmodenverhaltens ergibt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass das Substrat 100 in der Regel wiederum aus einer Folge von mehreren 25 Schichten bestehen kann. Diese Schichten können ihrerseits strukturiert sein und so selbst zur Entstehung von Topologie-stufen beitragen. Ein typisches Beispiel hierfür ist ein sog. Akustischer Spiegel, d.h. eine Abfolge von Schichten mit hoher und niedriger akustischer Impedanz. Zur Vereinfachung der  
30 Darstellung in Fig. 1 wurde auf diese Details verzichtet und das Substrat 100 als homogener Block gezeichnet.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren 35 zur Erzeugung einer topologieoptimierten Elektrode für einen Resonator in Dünnfilmtechnologie zu schaffen, welches das

Auftreten von Wachstumsdefekten beim Erzeugen der piezoelektrischen Schicht und die damit verbundenen Probleme vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 ge-

5 löst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (106) für einen Resonator in Dünnschichttechnologie, wobei das Verfahren folgenden Schritt umfasst:

10

Einbetten der Elektrode des Resonators in einer isolierenden Schicht, derart, dass eine Oberfläche der Elektrode frei-liegt, und dass eine durch die Elektrode und die isolierende Schicht festgelegte Oberfläche im wesentlichen planar ist.

15

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Herstellungsverfahren für die Elektrode für Resonatoren in Dünnschichttechnologie, z. B. BAW-Resonatoren, geschaffen, bei denen die oben angesprochenen Nachteile im Stand der Technik dadurch vermieden werden, dass die unerwünschte Topologiestufe der Elektrode vermieden wird. Hierzu werden Bereiche außerhalb der Elektrode mit einer dielektrischen Schicht, z.B. Siliziumoxid oder Siliziumnitrid, bis zur Höhe der Oberkante der Elektrode aufgefüllt. Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass dies auf eine technologisch besonders einfache Art und Weise erreicht werden kann.

30

Gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel wird hierzu zunächst die dielektrische Schicht auf einer gesamten Oberfläche eines Substrats/Wafers, auf dem bereits die Elektrode gebildet ist, abgeschieden, und zwar mit einer Dicke die in etwa der Topologiestufe entspricht. Anschließend wird durch chemisch mechanisches Polieren die isolierende Schicht derart abgetragen, dass eine obere Oberfläche der Elektrode freiliegt, wobei die Abtragung derart erfolgt, dass die Dicken der isolierenden Schicht und der unteren Elektrode im wesentlichen gleich sind. Das charakteristische Abtragsver-

35

halten des chemisch-mechanischen Polierens bewerkstelligt hierbei, dass nur jene Bereiche des isolierenden Materials entfernt werden, die oberhalb der Elektrode sind.

5 Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel wird zunächst die isolierende Schicht wie zuvor erläutert erzeugt. Anschließend wird jedoch mit Hilfe einer Lackmaske jener Teil des isolierenden Materials weggeätzt, das auf der Elektrode liegt. Aufgrund von Justagetoleranzen bei der Lithographie ist es notwendig, dass die Ätzöffnung im Lack kleiner als die Elektrode ist, da sonst die Topologiestufe bei der Ätzung wieder freigelegt werden könnte. Die Ätzung kann dabei sowohl nasschemisch als auch durch Trockenätzung (Plasmaätzung) erfolgen. Als Resultat bleibt ein "Kragen" aus dem isolierenden Material auf der Elektrode zurück. Dieser wird anschließend durch ein chemisch-mechanisches Polieren entfernt, so dass eine im wesentlichen planare Oberfläche zurückbleibt.

20 Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel wird zunächst die isolierende Schicht erzeugt, und anschließend eine Öffnung in derselben gebildet, in der dann das Metall für die Elektrode abgeschieden wird, derart, dass die sich ergebenden Oberflächen von isolierender Schicht und Elektrode im wesentlichen bündig sind.

25 Bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Anmeldung sind in den Unteransprüchen definiert.

30 Nachfolgend werden anhand der beiliegenden Zeichnungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

35 Fig. 1A und 1B ein bekanntes Herstellungsverfahren zur Erzeugung eines BAW-Resonators, bei dem sich aufgrund einer Topologiestufe ein Wachstumsdefekt einstellt;

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 2A bis 2C ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßigen Herstellungsverfahrens;

Fig. 3A bis 3C ein zweites Ausführungsbeispiel des erfin-

5 dungsgemäßigen Herstellungsverfahrens; und

Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßigen Herstellungsverfahrens bei einer gestapelten Reonatoranordnung.

10

In der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für Elemente, die bereits anhand der Fig. 1 erläutert und beschrieben wurde, gleiche Bezugszeichen verwendet.

15

In Fig. 2A ist das Substrat 100 gezeigt, wobei auf einem Abschnitt der oberen Oberfläche 104 des Substrats 100 eine Elektrode 106, beispielsweise aus Aluminium, gebildet ist. Alternativ kann die Elektrode 106 auch aus Wolfram, einer Kombination von Aluminium und Wolfram oder anderen geeigneten Metallen gebildet sein.

Zur Vermeidung der Topologiestufe wird gemäß dem in Fig. 2 beschriebenen Ausführungsbeispiel auf den freiliegenden Abschnitt der Substratoberfläche 104 sowie auf die obere Oberfläche 110 der Elektrode 106 eine isolierende Schicht 126 abgeschieden. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die isolierende Schicht 126 eine Siliziumoxidschicht oder eine Siliziumnitridschicht.

30

Die in Fig. 2A dargestellte Struktur wird anschließend einem chemisch-mechanischen Dünungsprozess unterworfen, mit dem ein Abschnitt 126a, der im Bereich der Elektrode 106 angeordnet ist, derart gedünnt wird, dass die obere Oberfläche 110 der Elektrode 106 frei liegt. Ferner werden die verbleibenden Abschnitte der isolierenden Schicht 126 derart gedünnt, dass die Dicke der Elektrode 106 und die Dicke der isolierenden

Schicht 126 im wesentlichen gleich ist, so dass sich eine im wesentlichen planare Oberfläche ergibt, wie die in Fig. 2B gezeigt ist.

5 In Fig. 2C ist die sich nach dem Polierschritt ergebende Struktur dargestellt, und wie zu erkennen ist, sind die dem Substrat abgewandten Oberflächen der isolierenden Schicht 126 und der Elektrode 106 im wesentlichen planar, und auf dieser Oberfläche ist die piezoelektrische Schicht 114 abgeschieden,  
10 auf der wiederum die obere Elektrode 120 abgeschieden ist.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt auf der Hand, da hier die im Stand der Technik beschriebenen und bekannten Probleme aufgrund von Wachstumsdefekten einfach da-  
15 durch vermieden werden, dass eine Topologiestufe bei der Herstellung des Resonators eliminiert wird. Dies hat den Vor- teil, dass die erwähnten elektrischen Kurzschlüsse, welche die Funktion des Bauelements (z.B. ein Filter, das entspre- chende Resonatoren umfasst) degradieren oder gar zerstören  
20 können, nicht auftreten, dass eine erwünschte ESD-Festigkeit erreicht wird, aufgrund der im wesentlichen vollständig pla- naren Anordnung, und dass die Unterdrückung von unerwünschten Störmoden verbessert wird, da hier im Bereich außerhalb der oberen Elektrode 120 über einen großen Bereich eine definier-  
25 te Geometrie (Dicke) vorliegt.

Das oben beschriebene Entfernen der dielektrischen Schicht 126A oberhalb der Elektrode 106 erfolgt bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel direkt mit einem sehr har-  
30 ten Polier-Pad. In diesem Fall ist es erforderlich, eine hohe Polier-Selektivität zwischen der dielektrischen Schicht 126 und dem Material der Elektrode 106 zu haben, um sicherzustel- len, dass bei Erreichen der oberen Oberfläche 110 der Elektrode 106 im wesentlichen kein Elektrodenmaterial abgetragen  
35 wird.

Um mögliche Probleme bei der erforderlichen hohen Polier-  
Selektivität zwischen der dielektrischen Schicht 126 und dem  
Material der Elektrode 106 zu vermeiden, wird gemäß einem  
zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein  
5 anderer Ansatz herangezogen, welcher deutlich geringere An-  
forderungen hinsichtlich der Pad-Härte und/oder der Selekti-  
vität des Polierverfahrens hat. Dieses weitere Ausführungs-  
beispiel wird nachfolgend anhand der Fig. 3 näher erläutert,  
wobei auch hier gleiche oder ähnliche Elemente mit gleichen  
10 Bezugszeichen versehen sind.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel wird aus-  
gegangen von einer Struktur, wie sie in Fig. 2A dargestellt  
ist, nämlich einer Struktur bei der auf dem Substrat 100 be-  
reits die Elektrode 106 und darauf die isolierende Schicht  
15 126 abgeschieden ist.

Anders als bei dem in Fig. 2 beschriebenen Ausführungsbei-  
spiel wird hier keine chemisch-mechanische Polierung der ge-  
20 samten Oberfläche durchgeführt, sondern statt dessen wird un-  
ter Verwendung einer photolithographischen Maske (nicht dar-  
gestellt) die dielektrische Schicht 126 im Bereich innerhalb  
der Elektrode 106 entfernt, beispielsweise durch Ätzen der  
25 dielektrischen Schicht 126, um die obere Oberfläche 110 der  
Elektrode 106 zumindest teilweise freizulegen, wie dies in  
Fig. 3A gezeigt ist. Wie zu sehen ist, ist hier noch ein  
schmaler Steg 126a des Abschnitts der isolierenden Schicht  
30 126 oberhalb der Elektrode 106 verblieben. Der Vorteil dieser  
Vorgehensweise besteht darin, dass nun lediglich der schmale  
Steg 126A zurückbleibt, welcher, im Gegensatz zur Entfernung  
oder Polierung der gesamten Schicht 126 in sehr kurzer Zeit  
und bei deutlich entspannten Polierbedingungen entfernt wer-  
den kann, so dass sich die in Fig. 3B gezeigte Struktur er-  
gibt.

35 In Fig. 3C ist die sich ergebende Struktur nach dem Polieren  
und dem Aufwachsen der piezoelektrischen Schicht 114 sowie

der oberen Elektrode 120 dargestellt, und die in Fig. 3C gezeigte Struktur entspricht der in Fig. 2C gezeigten Struktur. Der Vorteil der in Fig. 3 beschriebenen Vorgehensweise besteht darin, dass bei diesem Ausführungsbeispiel, welches 5 die zusätzliche Maske und das Ätzen der dielektrischen Schicht 126 verwendet, die unerwünschte Topologiestufe auf technisch besonders einfache Weise verhindert werden kann.

Ein weiteres, in den Figuren nicht dargestelltes Ausführungs-10 beispiel besteht darin, dass zunächst auf der Oberfläche des Substrats 100 die dielektrische Schicht 126 abgeschieden wird, in der in einem nachfolgenden Schritt eine Öffnung, vorzugsweise bis zur Substratoberfläche 104 hinunter, geöffnet wird, in der dann das Metall der Bodenelektrode 106 abgeschieden wird, derart, dass die Oberflächen der dielektrischen Schicht 126 und der erzeugten Bodenelektrode 106 im wesentlichen bündig sind. 15

Das oben beschriebene Verfahren zur Erzeugung einer Elektrode 20 ohne Topologiestufe kann auch für sogenannte gestapelte BAW-Resonatoren/Filter mit einer Mehrzahl von piezoelektrischen Schichten (Stacked Resonator/Filter) verwendet werden. In Fig. 4 ist ein solcher Resonator dargestellt. Wie zu erkennen ist, wurde das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung der 25 Elektrode sowohl auf die Bodenelektrode 106 als auch auf die Mittelelektrode 120 angewandt. Dadurch können beide piezoelektrischen Schichten 112, 112' ohne Versetzungslinien abgeschieden werden. Ausführungsformen mit mehr als zwei Piezoschichten sind analog herstellbar.

## Bezugszeichenliste

100	Substrat
102	untere Oberfläche des Substrats
5 104	obere Oberfläche des Substrats
106	untere Elektrode
108	untere Oberfläche der unteren Elektrode
110	obere Oberfläche der unteren Elektrode
112	piezoelektrische Schicht
10 114	Technologiestufe
116	Wachstumsdefekt
118	Wachstumslinien
120	obere Elektrode
122	obere Oberfläche der piezoelektrischen Schicht
15 124	metallischer Spacer
126	isolierende Schicht
126A	Abschnitt der isolierenden Schicht

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode (106) für einen Resonator in Dünnfilmtechnologie, wobei das Verfahren folgenden Schritt umfasst:

10 Einbetten der Elektrode (106) des Resonators in einer isolierenden Schicht (126), derart, dass eine Oberfläche (110) der Elektrode (106) freiliegt, und dass eine durch die Elektrode (106) und die isolierende Schicht (126) festgelegte Oberfläche im wesentlichen planar ist.

15 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dicke der isolierenden Schicht (126) im wesentlichen gleich der Dicke der Elektrode ist, und bei dem der Schritt des Einbettens das Freilegen der Oberfläche (110) der Elektrode (106) derart umfasst, dass ein Abschnitt der dielektrischen Schicht (126) außerhalb der Elektrode (106) im wesentlichen unverändert zurückbleibt.

20 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Schritt des Freilegens das Entfernen der isolierenden Schicht (126A) oberhalb der Elektrode durch ein chemisch-mechanisches Polieren umfasst.

25 4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Freilegens folgende Teilschritte umfasst:

30 Ätzen eines Teils (126A) der isolierenden Schicht (126) oberhalb der Elektrode unter Verwendung einer Maske, derart, dass ein Abschnitt der oberen Oberfläche der Elektrode freigelegt wird; und

35 Entfernen des nach dem Schritt (b.1.) verbleibenden Kragens durch ein chemisch-mechanisches Polieren.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der des Einbettens folgende Teilschritte umfasst:

Erzeugen der isolierenden Schicht (126);

5

Öffnen eines Abschnitts in der isolierenden Schicht; und

Erzeugen der Elektrode in der Öffnung, derart, dass eine Oberfläche der isolierenden Schicht und eine freiliegende O-

10 berfläche der unteren Elektrode im wesentlichen bündig sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die isolierende Schicht (126) eine dielektrische Schicht ist.

15 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die dielektrische Schicht (126) eine Siliziumnitridschicht oder eine Silizium-oxidschicht ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines Resonators in Dünnfilm-  
20 technologie, wobei der Resonator eine piezoelektrische Schicht (114) umfasst, die zumindest teilweise zwischen einer unteren Elektrode (106) und einer oberen Elektrode (120) angeordnet ist, wobei der Resonator auf einem Substrat (100) gebildet wird, mit folgenden Schritten:

25

(a) Erzeugen der unteren Elektrode (106) des Resonators auf dem Substrat gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7;

30 (b) Erzeugen der piezoelektrischen Schicht (114) auf der im Schritt (a) erzeugten Struktur; und

(c) Erzeugen der oberen Elektrode (120) auf der piezoelektrischen Schicht (114).

35

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die piezoelektrische Schicht (114) aus AlN, ZnO oder PZT hergestellt ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die untere Elektrode (106) und die obere Elektrode (110) Aluminium und/oder Wolfram umfassen.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem der Resonator ein BAW-Resonator ist.

10 12. BAW-Resonator, der gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11 hergestellt ist.

- 1/4 -

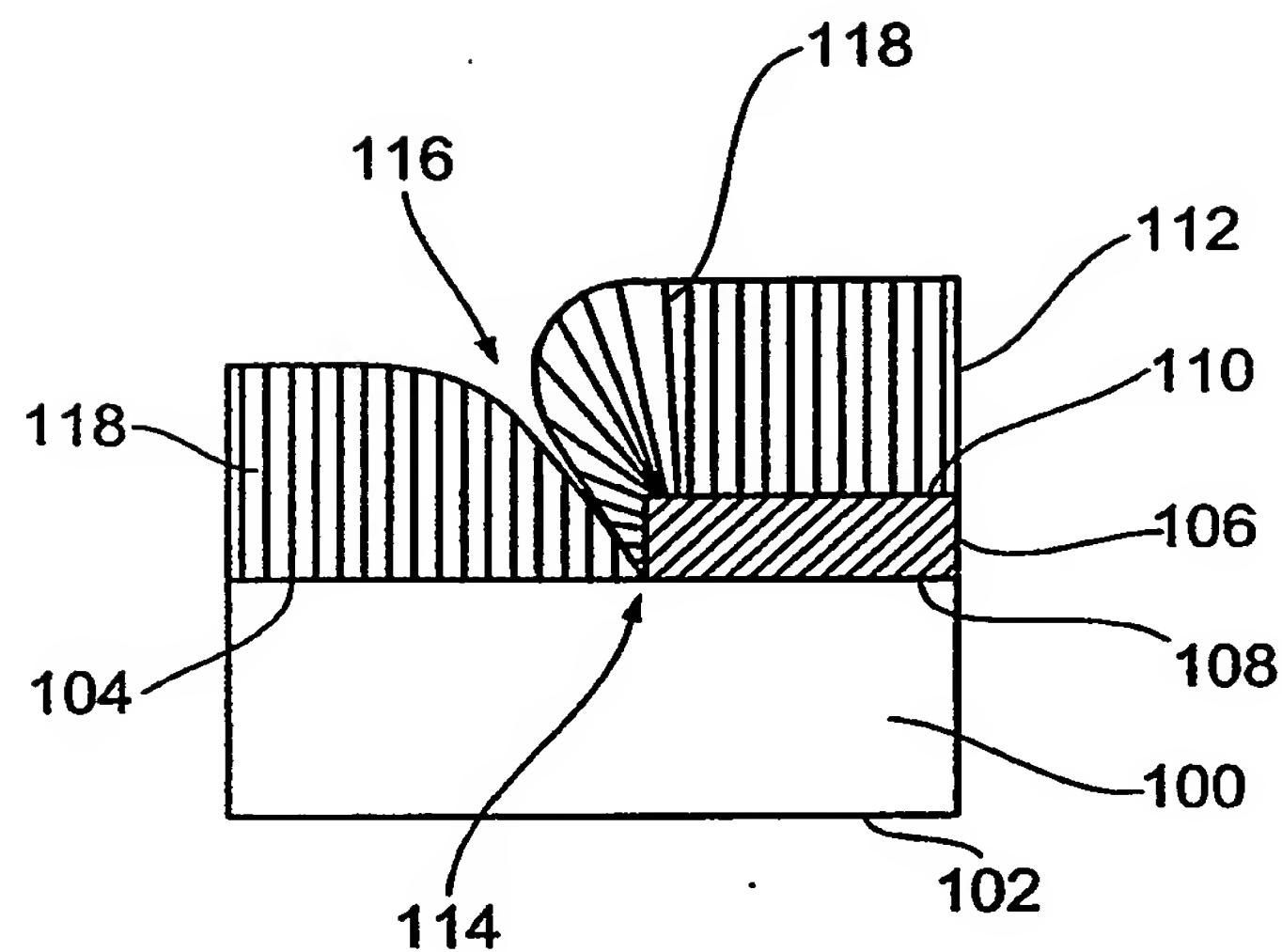


FIG 1A

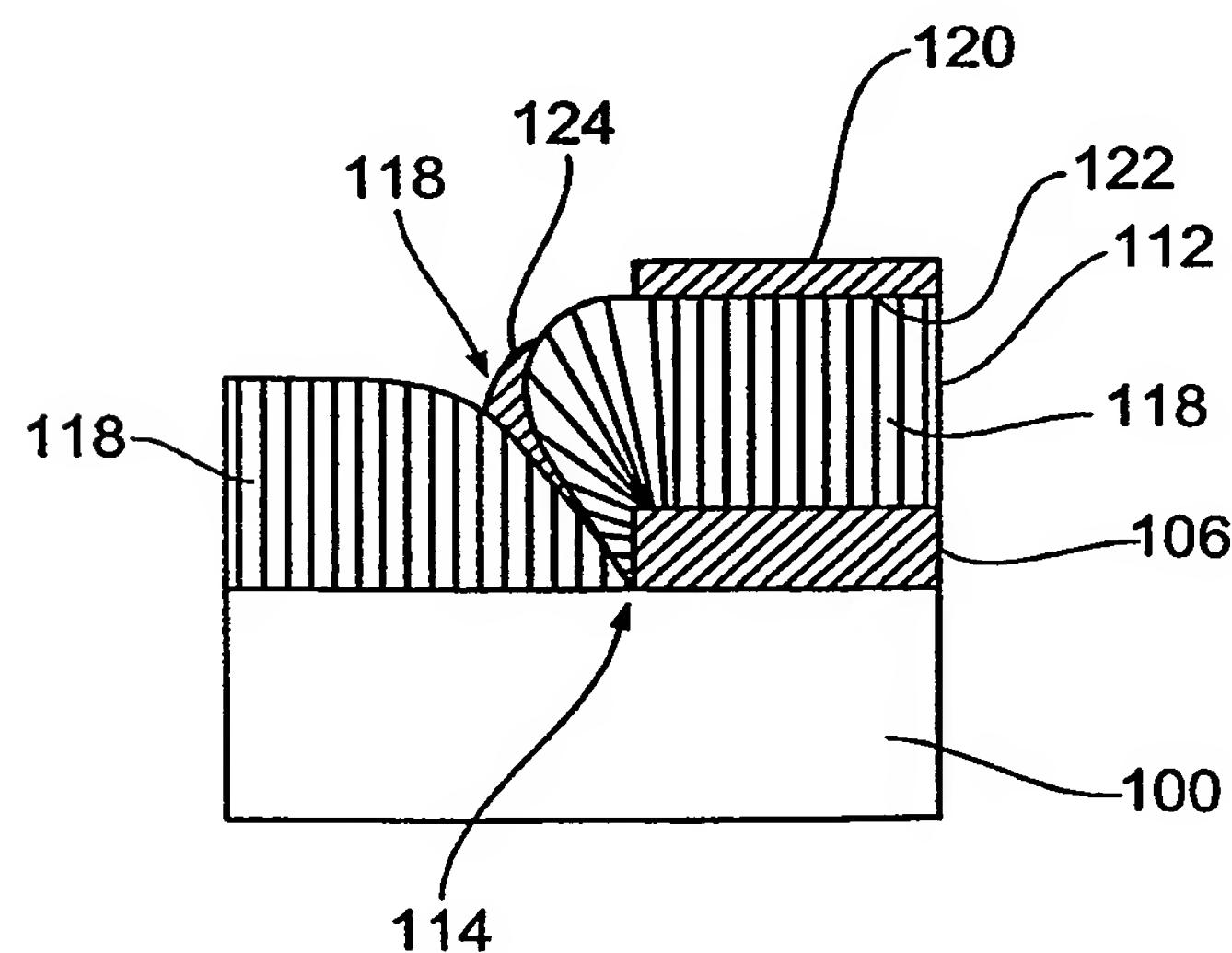


FIG 1B

- 2/4 -

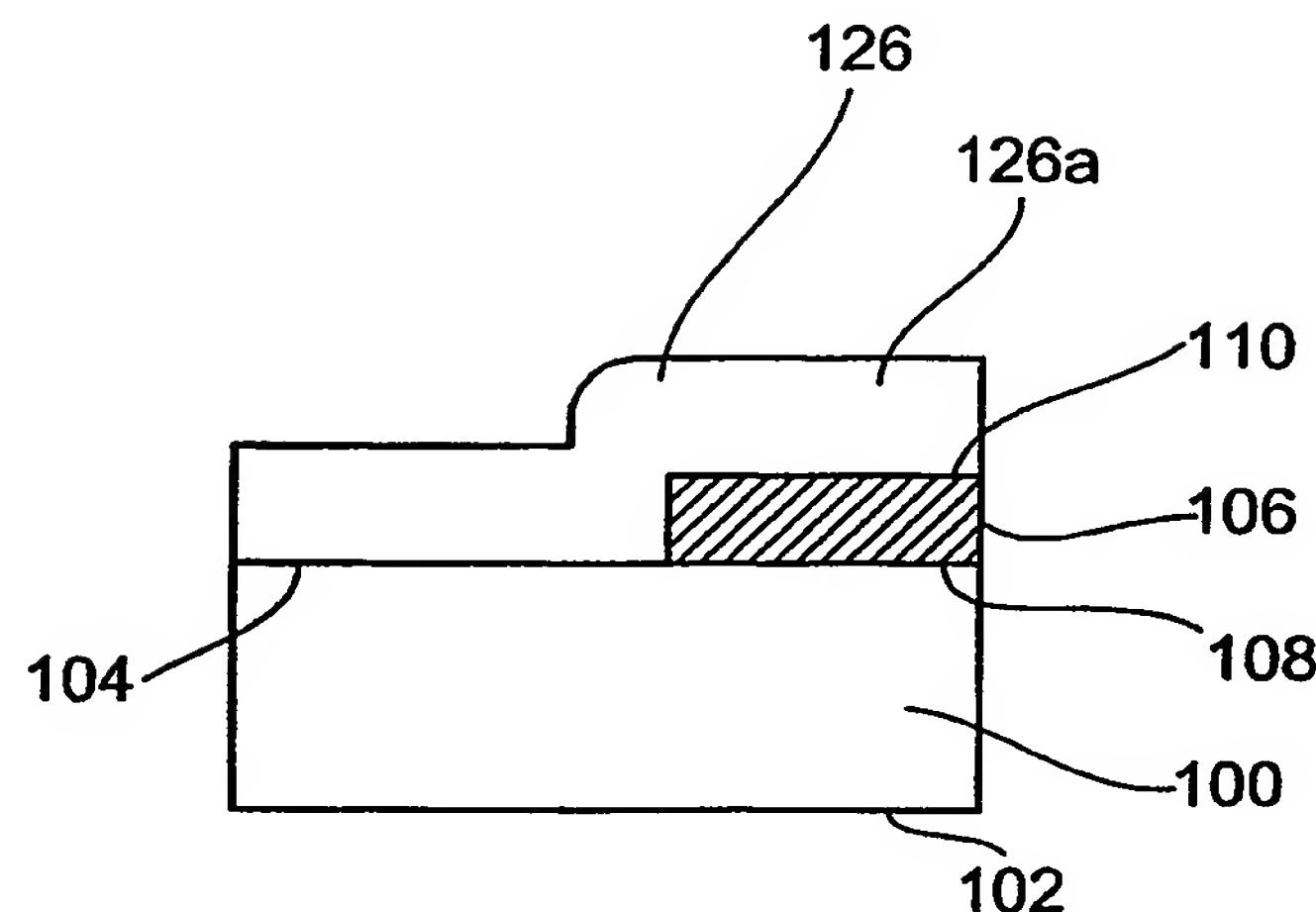


FIG 2A

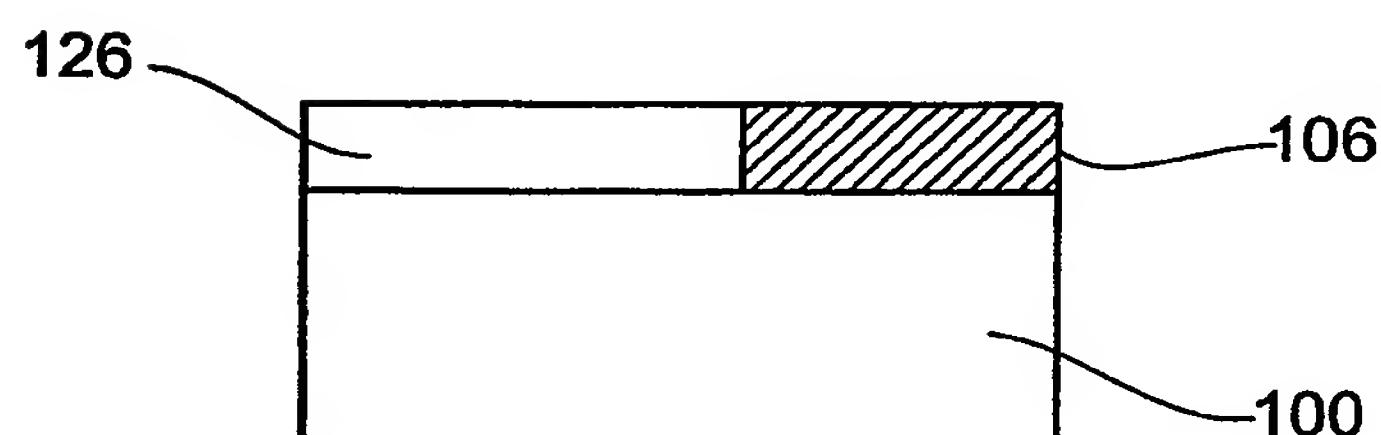


FIG 2B

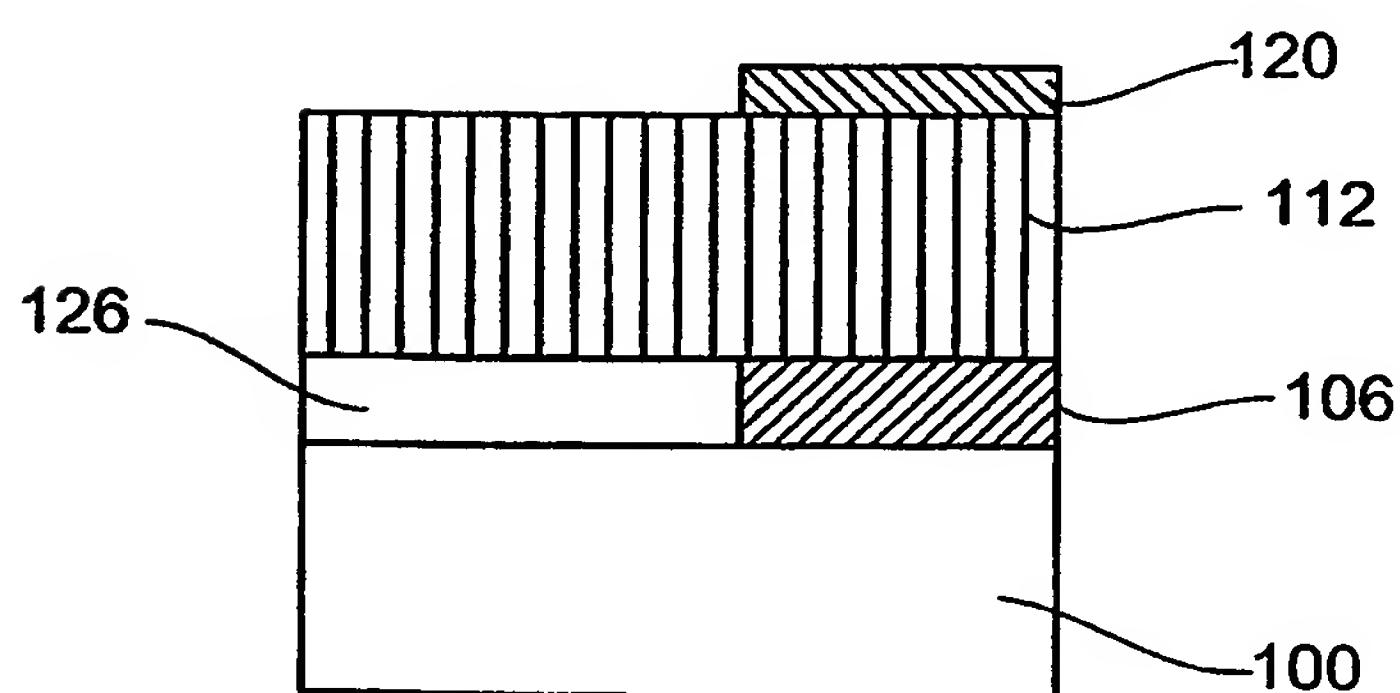
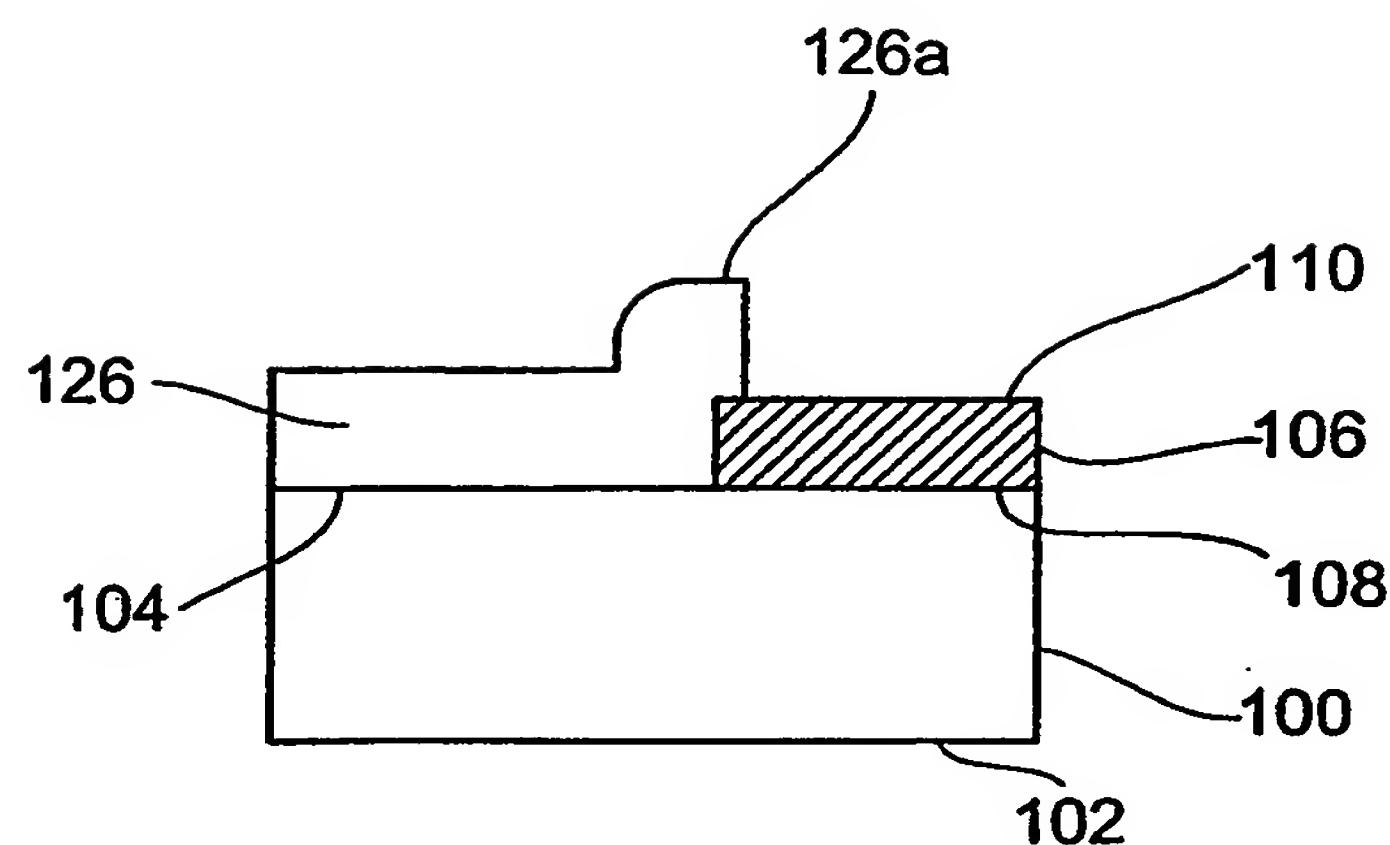
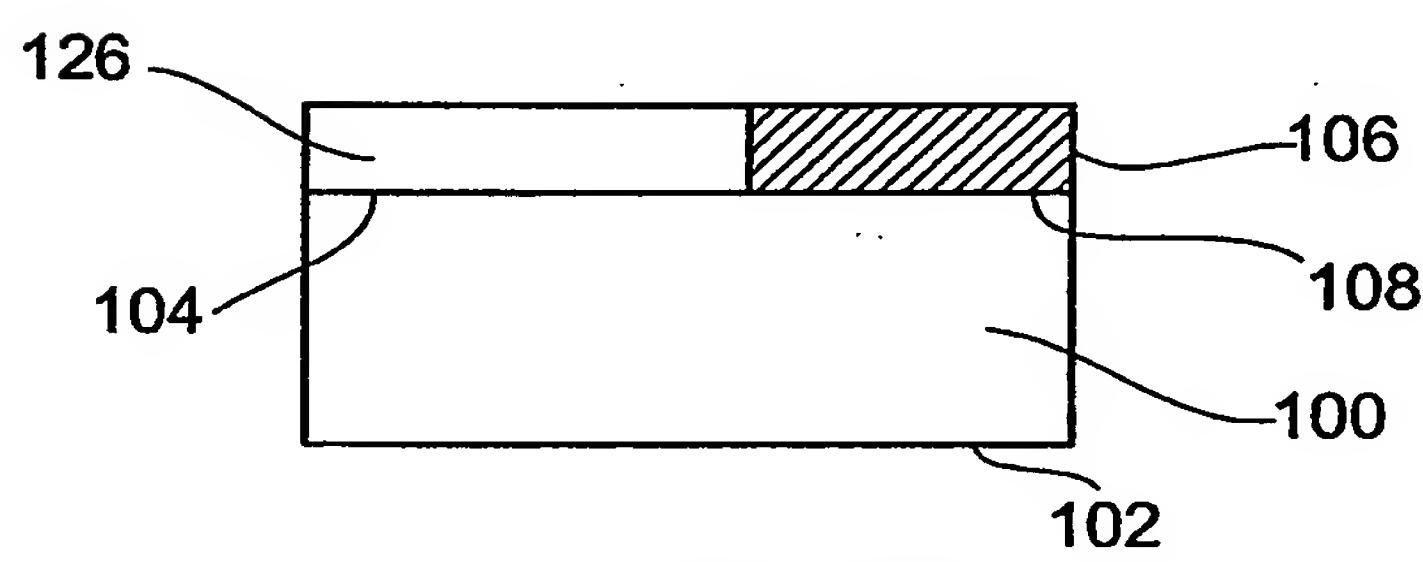


FIG 2C

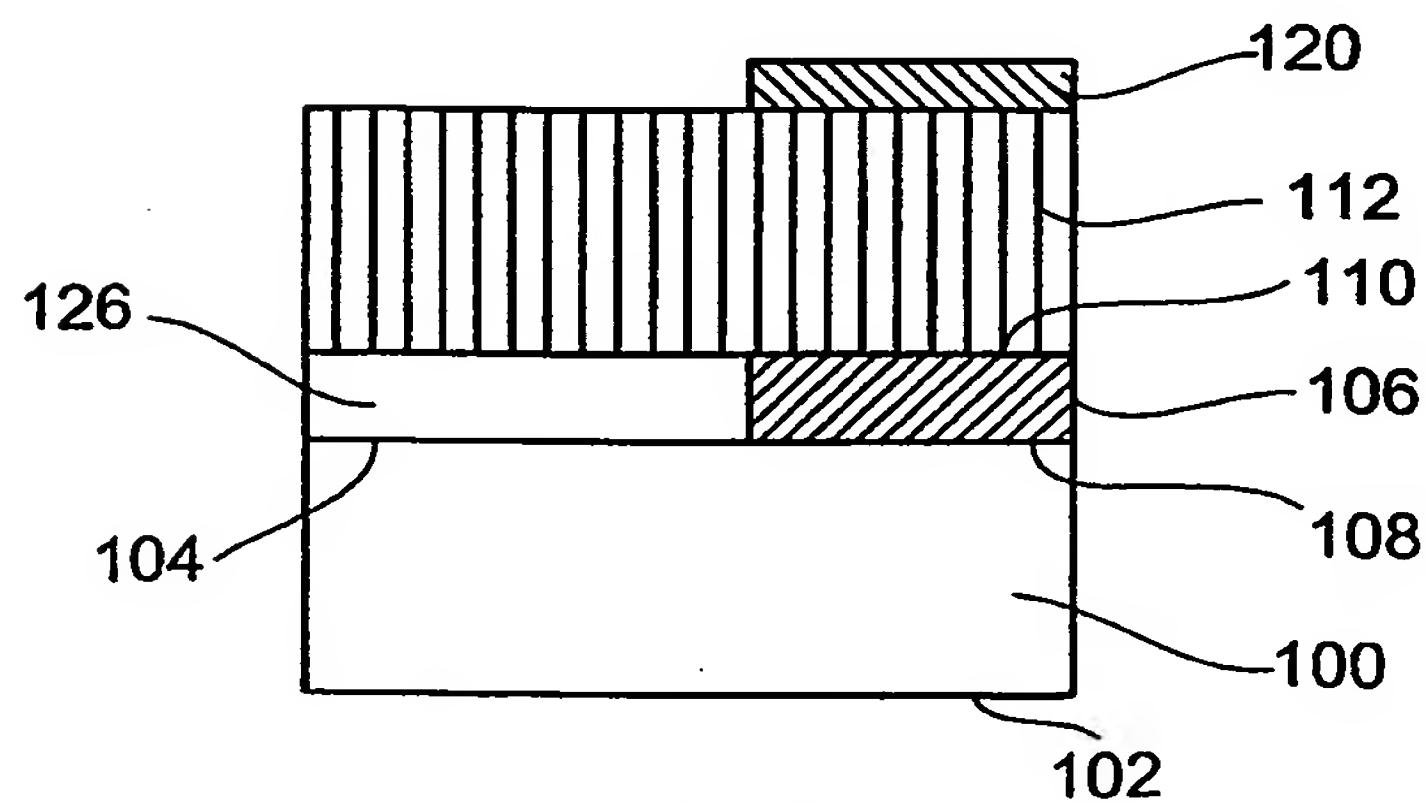
- 3/4 -



**FIG 3A**



**FIG 3B**



**FIG 3C**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

- 4/4 -

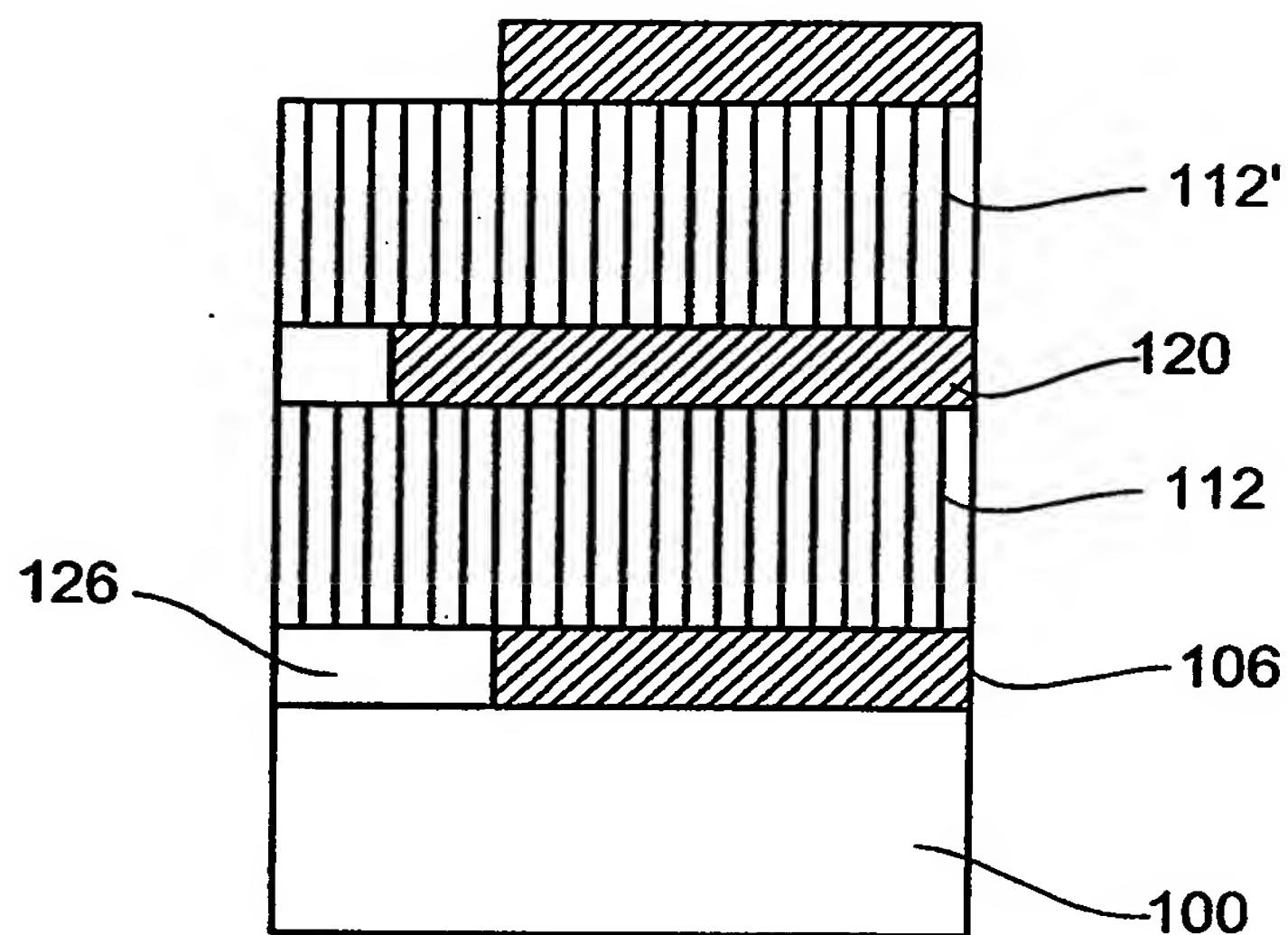


FIG 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/14190

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03H3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 24361 A (MARKSTEINER STEPHAN ; AIGNER ROBERT (DE); ELBRECHT LUEDER (DE); SAE) 5 April 2001 (2001-04-05) page 4, line 17 -page 5, line 19 page 9, line 30 -page 11, line 19	1-3,5-12
Y	---	4
X	US 5 647 932 A (KANABOSHI AKIHIRO ET AL) 15 July 1997 (1997-07-15) column 6, line 26-32 figure 1	1,5,6, 8-12
Y	US 2001/021594 A1 (YOO CHUE-SAN) 13 September 2001 (2001-09-13) figures 1-5 paragraphs '0002!, '0003! ---	4
	-/-	

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 April 2003

Date of mailing of the international search report

17/04/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Radomirescu, B-M

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/EP 02/14190

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 618 381 A (DOAN TRUNG T ET AL) 8 April 1997 (1997-04-08) figures 1-3 -----	1-12

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 02/14190

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0124361	A	05-04-2001	DE WO EP US	19947081 A1 0124361 A1 1219028 A1 2002154425 A1	05-04-2001 05-04-2001 03-07-2002 24-10-2002
US 5647932	A	15-07-1997	JP	7038363 A	07-02-1995
US 2001021594	A1	13-09-2001	US	6242341 B1	05-06-2001
US 5618381	A	08-04-1997	US DE JP DE JP JP	5244534 A 4311484 A1 7312366 A 4301451 A1 5275366 A 8021557 B 10189602 A	14-09-1993 14-10-1993 28-11-1995 05-08-1993 22-10-1993 04-03-1996 21-07-1998

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/14190A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H03H3/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestpräfert (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H03H H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestpräfert gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beir. Anspruch Nr.
X	WO 01 24361 A (MARKSTEINER STEPHAN ;AIGNER ROBERT (DE); ELBRECHT LUEDER (DE); SAE) 5. April 2001 (2001-04-05) Seite 4, Zeile 17 -Seite 5, Zeile 19 Seite 9, Zeile 30 -Seite 11, Zeile 19	1-3,5-12
Y	---	4
X	US 5 647 932 A (KANABOSHI AKIHIRO ET AL) 15. Juli 1997 (1997-07-15) Spalte 6, Zeile 26-32 Abbildung 1	1,5,6, 8-12
Y	US 2001/021594 A1 (YOO CHUE-SAN) 13. September 2001 (2001-09-13) Abbildungen 1-5 Absätze '0002!, '0003! ---	4
	-/-	

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. April 2003	17/04/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Radomirescu, B-M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/14190

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 618 381 A (DOAN TRUNG T ET AL) 8. April 1997 (1997-04-08) Abbildungen 1-3 -----	1-12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

 Internationales Aktenzeichen  
**PCT/EP 02/14190**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0124361	A	05-04-2001	DE WO EP US	19947081 A1 0124361 A1 1219028 A1 2002154425 A1		05-04-2001 05-04-2001 03-07-2002 24-10-2002
US 5647932	A	15-07-1997	JP	7038363 A		07-02-1995
US 2001021594	A1	13-09-2001	US	6242341 B1		05-06-2001
US 5618381	A	08-04-1997	US DE JP DE JP JP JP	5244534 A 4311484 A1 7312366 A 4301451 A1 5275366 A 8021557 B 10189602 A		14-09-1993 14-10-1993 28-11-1995 05-08-1993 22-10-1993 04-03-1996 21-07-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)